

University of Groningen

Regeneration of nutrients in Dutch coastal sediments

Rutgers van der Loeff, Michael Marcus

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1981

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Rutgers van der Loeff, M. M. (1981). *Regeneration of nutrients in Dutch coastal sediments*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

INLEIDING EN SAMENVATTING

Gedurende de laatste decennia is de lozing van voedingszouten, met name fosfor- en stikstofverbindingen, via de rivieren op de Noordzee enorm toegenomen. Dit heeft geleid tot een toename van de primaire produktie in de zuidelijke Noordzee. POSTMA (1973) heeft een budget opgesteld voor de organische stof in de Noordzee ten zuiden van 54° N. Volgens zijn berekeningen bedroegen in dit gebied zowel de primaire produktie als de afbraak van organisch materiaal, de mineralisatie, in 1970 ca 35 10⁹ kg drooggewicht per jaar, wat ongeveer 10 maal zoveel is als de aanvoer via rivieren en vanuit de Atlantische Oceaan. Volgens recentere gegevens van GIESKES (1977) bedraagt de primaire produktie in het gebied ca 250 g C m⁻² · a⁻¹, wat overeenkomt met ca 60 10⁹ kg organische stof per jaar. De mineralisatie moet ongeveer even groot zijn.

Een analoge berekening voor het fosforbudget, gebaseerd op de gegevens van POSTMA en aangepast met behulp van de gegevens van GIESKES, laat zien dat in de produktie en mineralisatie van organische stof ca 600 10⁶ kg P per jaar omgaat, vergeleken met een jaarlijkse aanvoer van 70 10⁶ kg P uit de rivieren en 70 10⁶ kg P uit de Atlantische Oceaan, en een jaarlijkse afvoer van 140 10⁶ kg P naar de noordelijke Noordzee. Voor stikstof bestaat een vergelijkbare situatie.

Deze gegevens laten zien dat *in situ* mineralisatie de grootste bron is van anorganische voedingszouten voor de primaire produktie in de zuidelijke Noordzee. Bestudering van mineralisatieprocessen kan ons een beter inzicht geven in de gevolgen van nutriëntenlozingen op de kringloop van nutriënten en organisch materiaal in Noordzee.

Mineralisatie treedt zowel op in de waterkolom als in en op de zeebodem. Een studie van TIJSSEN, VAN BENNEKOM & HELDER (1974) over de nutriëntenhuishouding in de Zuidelijke Bocht in september en oktober 1973 leverde aanwijzingen op dat in de onderzoeksperiode een belangrijke hoeveelheid nutriënten uit de bodem, of uit de laag vlak daarboven, was gekomen. VAN BENNEKOM *et al.* (1974) toonden aan dat in de westelijke Waddenzee kiezelzuur uit de bodem wordt gemobiliseerd in de periode van mei tot december.

Deze resultaten vormden de aanleiding om een onderzoek te starten naar de rol van de bodem van de Noordzee als bron van voedingsstoffen ten gevolge van de afbraak van organisch materiaal in de zeebodem.

Het belang van mineralisatie in de bodem heeft veel aandacht gekregen in gebieden waar organisch materiaal sedimenteert. In de Zuidelijke Bocht van de Noordzee treedt netto geen sedimentatie op. Toch kan tijdens perioden met rustig weer fijn materiaal zich ophopen op of dicht boven de bodem, vooral dichtbij de kust. Door de akti-

viteiten van bodemorganismen wordt een gedeelte van dit materiaal, dat rijk is aan organische stof, de bodem in getransporteerd. De perkolatie van de bodem ten gevolge van golven en getijstroomen kan ook een rol spelen in het vast leggen van organisch materiaal (*cf.* RIEDL, HUANG & MACHAN, 1972).

Allereerst werd een inventariserend onderzoek gedaan naar de gehalten van voedingsstoffen in het poriënwater van de Noordzeebodem, en naar enkele sedimentparameters. Dit onderzoek wordt beschreven in het tweede artikel. Een uitgebreid monsterprogramma is uitgevoerd in het zeegebied voor de noord- en zuidhollandse kust. Hieruit bleek dat, buiten een kustzone van ca 2 mijl breed, het sediment zeer weinig organische stof bevat (ca 0.5% C_{org}), maar dat de voedingsstoffengehalten in het poriënwater toch duidelijk veel hoger zijn dan in het bovenstaande water. In de kustzone is zowel het organische stofgehalte van het sediment als het gehalte aan voedingsstoffen in het poriënwater twee of meer maal hoger dan in de zone daarbuiten.

Met gegevens over de samenstelling van het poriënwater, in het bijzonder de gradiënten van voedingsstoffenconcentraties nabij het sedimentoppervlak, kan worden berekend met welke snelheid voedingsstoffen door het sediment worden afgegeven ten gevolge van moleculaire diffusie. De diverse moleculaire diffusiecoëfficiënten zijn namelijk vrij goed bekend. Er zijn echter meer processen die zorgen voor een uitwisseling van poriënwater met het bovenstaande water:

- a) Bioturbatie. Door het gangen graven, voedsel verzamelen en zich verplaatsen van bodemdieren wordt het sediment omgewoeld. Bovendien zijn er soorten die water door het sediment heen pompen.
- b) Bij zware storm wordt in de ondiepe zuidelijke Noordzee de bovenlaag van het sediment in suspensie gebracht, zodat een zeer effectieve menging optreedt. Ook bij rustiger weer kunnen golven en getijstroomen een perkolatie van de bodem veroorzaken. Over het effect op de sediment-wateruitwisseling is vrij weinig bekend; in het derde artikel wordt er aandacht aan besteed.
- c) De getijdepomp. Bij laag water zakt het water weg in het strand en in droogvallende platen. Water verlaat de bodem tot ver voorbij de laagwaterlijn. Deze pompwerking is uiteraard alleen van belang nabij het strand en de rand van droogvallende platen.
- d) Konvektieve menging. Als de dichtheid van het zeewater toeneemt ten gevolge van temperatuur- of zoutgehalteveranderingen kan soortelijk lichter poriënwater uit de bodem worden verdreven. Dit effect is vooral te verwachten in de Waddenzee en dicht langs de kust in de Noordzee.
- e) Visserij. Bij het vissen met een boomkor, voorzien van een achttal wekkers, wordt van zandig sediment de bovenste 1 à 2 cm om-

gew
197
Zui
(DE
Het ge
kan w
zijn st
BILLEN
 10^{-4} cr
ficiënt
In h
tezame
de zee
voedin
wordt
houdin
In h
wisseli
is in d
mecha
goed m
Dat ka
1974;
visser's
Dit
van h
specia
opstel
van e
gehalt
artike
voerd
tot 25
miner
onder
in de
uitwis
schijr
verar
De
werp
de e
natu

gewoeld (BRIDGER, 1972). Met behulp van visserijstatistieken van 1975-1977 kan worden geschat dat het gehele oppervlak van de Zuidelijke Bocht ca 5 maal per jaar met de boomkor wordt bevestigd (DEVEEN, persoonlijke mededeling).

Het gezamenlijk effect van de verschillende uitwisselingsmechanismen kan worden beschreven met een effectieve diffusiecoëfficiënt D_{eff} . In zijn studie van de stikstofcyclus in de bodem van de Noordzee vond BILLEN (1978) voor deze D_{eff} waarden variërend van 0.5 tot $2 \cdot 10^{-4} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$, ofwel 10 tot 40 maal zo hoog als moleculaire diffusiecoëfficiënten.

In het tweede artikel worden deze waarden van BILLEN gebruikt om, tezamen met de gevonden concentratiegradiënten in de bovenlaag van de zeebodem, een ruwe schatting te maken van de afgifte van voedingsstoffen uit de bodem van de Noordzee. De berekende flux wordt vergeleken met andere bronnen. Vooral voor de kiezelzuurhuishouding in de zomer blijkt de bijdrage aanzienlijk te zijn.

In het voorafgaande werd ervan uitgegaan dat de bodemwateruitwisseling steeds met dezelfde intensiteit verloopt, en dat D_{eff} konstant is in de tijd en in de diepte. Uit de opsomming van de uitwisselingsmechanismen moge blijken dat dit een sterke simplificatie is. Het is goed mogelijk dat belangrijke uitwisseling in relatief korte tijd optreedt. Dat kan gebeuren tijdens een storm (cf. DUINKER, VAN ECK & NOLTING, 1974; MATISOFF, 1980), bij geringe rivierafvoer of spui, of wanneer een vissersboot langskomt.

Dit was de reden om te onderzoeken in hoeverre de samenstelling van het poriënwater in de loop van de tijd verandert. Daar is een speciale buis voor gebruikt die in de zeebodem werd gestoken. Met deze opstelling is gedurende een periode van acht maanden herhaaldelijk van een aantal diepten poriënwater afgetapt waarin voedingsstoffengehalten zijn bepaald. Dit onderzoek, dat beschreven wordt in het eerste artikel, is om praktische redenen in de westelijke Waddenzee uitgevoerd, op een slechts bij uitzondering droogvallende plaat. Op ca 10 tot 25 cm diepte traden snelle veranderingen op ten gevolge van korte mineralisatieprocessen en veranderende redoxomstandigheden. Daaronder waren de concentraties tamelijk stabiel. Het concentratieverloop in de bovenste decimeter was een aanwijzing voor een snelle turbulente uitwisseling met het er bovenstaande zeewater. Het is het meest waarschijnlijk dat de invloed van golven en stroom voor deze uitwisseling verantwoordelijk is geweest.

De invloed van golven op de sediment-wateruitwisseling is het onderwerp van het derde artikel. Een nieuwe methode wordt beschreven om de effectieve diffusiecoëfficiënt in het sediment te bepalen onder natuurlijke golf- en stroomomstandigheden. Enkele resultaten van een

laaggelegen plaat van het Balgzand laten zien dat D_{eff} beneden 1 à 2 cm diepte ca $5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ bedroeg, wat overeenkomt met de moleculaire diffusie, terwijl D_{eff} in de bovenlaag een grootteorde hoger lag.

Het is bekend dat golven die zich voortplanten in ondiep water over een doorlatend sediment, in dit sediment een perkolatie veroorzaken. Aangetoond wordt echter dat deze perkolatie zowel in de Noordzee als in de Waddenzee zelden wezenlijk bijdraagt tot de effectieve diffusiecoëfficiënt. De invloed van golven en stroom moet daarom waarschijnlijk gezocht worden in turbulentie in de bovenste centimeters van het sediment, veroorzaakt door stroom over het veelal geribbelde zandoppervlak. In de Noordzee kan de getijstroom over megaribbels en zandgolven een belangrijke perkolatie op groter schaal veroorzaken.

In het laatste artikel wordt de sediment-wateruitwisseling in een geheel ander milieu besproken. Op de Heringsplaat in de Dollard is behalve afbraak van organische stof ook de primaire produktie van bodemalgen van groot belang. De uitwisseling is hier bestudeerd met behulp van plexiglas cylinders, voorzien van een deksel, die op het wad werden geplaatst. Ze werden gevuld met water uit een nabije geul waarna het concentratieverloop van zuurstof en voedingsstoffen binnen de klokken werd bepaald. De enige waterbeweging binnen de klok wordt veroorzaakt door een roermagneetje en is juist voldoende om het water goed te mengen. De methode is daarom niet goed toepasbaar op plaatsen waar een belangrijke invloed van golven en stroom kan worden verwacht.

De resultaten laten zien dat, mede door de hoge produktie van bodemalgen, ammoniak en kiezelzuur zowel in het licht als in het donker worden opgenomen door het sediment. Tijdens laagwater zou de beschikbaarheid van stikstof de algengroei kunnen beperken. De nitraatreduktie was gelijkwaardig met 10 tot 20% van het zuurstofverbruik.

Dit proefschrift geeft maar een gedeeltelijk antwoord op de vraag: hoeveel voedingsstoffen komen er uit de bodem van de Noordzee? Er wordt een schatting gegeven die met veel reserves moet worden gehanteerd. Volgens deze schatting, die redelijk overeenstemt met de resultaten van budgetberekeningen van TIJSSEN, VAN BENNEKOM & HELDER (1974) bedraagt de mineralisatie van stikstof en kiezelzuur, buiten de smalle kustzone, slechts een tiende van de mineralisatie die volgens de berekeningen van POSTMA (1973), aangepast volgens de gegevens van GIESKES (1977) in het gebied moet optreden. Kennelijk heeft die mineralisatie hoofdzakelijk plaats in de waterfase.

De metingen in de westelijke Waddenzee laten zien dat de bovenlaag van een zandwad tijdens hoog water vrij goed wordt gemengd met het bovenliggende water. Dat is niet alleen van belang in verband met het vrijkomen van in het poriënwater opgeloste stoffen, maar ook in ver-

band met het mili-

De experimenten
niet altijd een bron
nutriënten kan op
duktie van organis
algen de mineralis
kunnen optreden.

- BENNEKOM, A. J. VAN, &
F. J. VAN VOORST
diatoms in the Du
BILLEN, G., 1978. A bu
coast.—Estuar. co
BRIDGER, J. P., 1972. S
chains on a beam
DUINKER, J. C., G. T.
copper, zinc, iron
Dutch Wadden Se
GIESKES, W. W. C.,
Noordzee.—Vakbl
MATISOFF, G., 1980. Ti
Temperature and
POSTMA, H., 1973. Trans
GOLDBERG. North
RIEDL, R. J., N. HUANG
interstitial water ex
TIJSSEN, S. B., A. J. VAN
tion to the budget o
of the Southern Big

D_{eff} beneden 1 à 2
 omt met de mole-
 teorde hoger lag.
 ondiep water over
 latie veroorzaken.
 n de Noordzee als
 de effectieve dif-
 m moet daarom
 ovenste centimeters
 veelal geribbelde
 er megarijbbels en
 al veroorzaken.
 twisseling in een
 in de Dollard is
 re produktie van
 r bestudeerd met
 el, die op het wad
 een nabije geul
 ngsstoffen binnen
 ; binnen de klok
 voldoende om het
 ed toepasbaar op
 en stroom kan
 roduktie van bo-
 als in het donker
 water zou de be-
 rken. De nitraat-
 uurstofverbruik.
 ord op de vraag:
 de Noordzee? Er
 et worden gehan-
 temt met de re-
 N BENNEKOM &
 of en kiezelzuur,
 mineralisatie die
 st volgens de ge-
 eden. Kennelijk
 rfase.
 dat de bovenlaag
 emengd met het
 verband met het
 naar ook in ver-

band met het milieu waarin organismen in die bovenste wadlaag leven.

De experimenten in de Dollard laten tenslotte zien dat de zeebodem niet altijd een bron van voedingsstoffen hoeft te zijn, maar ook opgeloste nutriënten kan opnemen. Dit laatste is te verwachten wanneer de produktie van organische stof op de bodem door, bijvoorbeeld, benthische algen de mineralisatie overtreft. Deze situatie blijkt op een wadplaat te kunnen optreden.

REFERENCES

- BENNEKOM, A. J. VAN, E. KRIJGSMAN-VAN HARTINGSVELD, G. C. M. VAN DER VEER & H. F. J. VAN VOORST, 1974. The seasonal cycles of reactive silicate and suspended diatoms in the Dutch Wadden Sea.—Neth. J. Sea Res. **8** (2/3): 174–207.
- BILLEN, G., 1978. A budget of nitrogen recycling in North Sea sediments off the Belgian coast.—Estuar. coast. mar. Sci. **7**: 127–146.
- BRIDGER, J. P., 1972. Some observations on the penetration into the sea bed of tickler chains on a beam trawl. ICES Report C.M. 1972-B7: 1–6.
- DUINKER, J. C., G. T. M. VAN ECK & R. F. NOLTING, 1974. On the behaviour of copper, zinc, iron and manganese, and evidence for mobilization processes in the Dutch Wadden Sea.—Neth. J. Sea Res. **8** (2/3): 214–239.
- GIESKES, W. W. C., 1977. Primaire produktie en eutrofiering in de zuidelijke Noordzee.—Vakbl. Biol. **16** (57): 267–270.
- MATISOFF, G., 1980. Time dependent transport in Chesapeake Bay sediments. Part I. Temperature and chloride.—Am. J. Sci. **280**: 1–25.
- POSTMA, H., 1973. Transport and budget of organic matter in the North Sea. In: E. D. GOLDBERG. North Sea science. MIT Press: 326–334.
- RIEDL, R. J., N. HUANG & R. MACHAN, 1972. The subtidal pump: a mechanism of interstitial water exchange by wave action.—Mar. Biol. **13**: 210–211.
- TIJSEN, S. B., A. J. VAN BENNEKOM & W. HELDER, 1974. Contribution of *in situ* production to the budget of dissolved inorganic nutrients (P, N and Si) in the eastern part of the Southern Bight of the North Sea. ICES C. M. 1974/C 26: 1–5.